

**19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

**Patentschrift**  
**DE 198 00 953 C 1**

②1	Aktenzeichen:	198 00 953.4-35
②2	Anmeldetag:	13. 1. 98
④3	Offenlegungstag:	–
④5	Veröffentlichungstag der Patenterteilung:	29. 7. 99

Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 04 B 7/005**  
H 04 B 7/204  
H 04 B 7/26  
H 04 J 13/02  
H 04 Q 7/38  
H 04 L 27/00

**DE 198 00 953 C 1**

**Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden**

⑦③ Patentinhaber:  
Siemens AG, 80333 München, DE

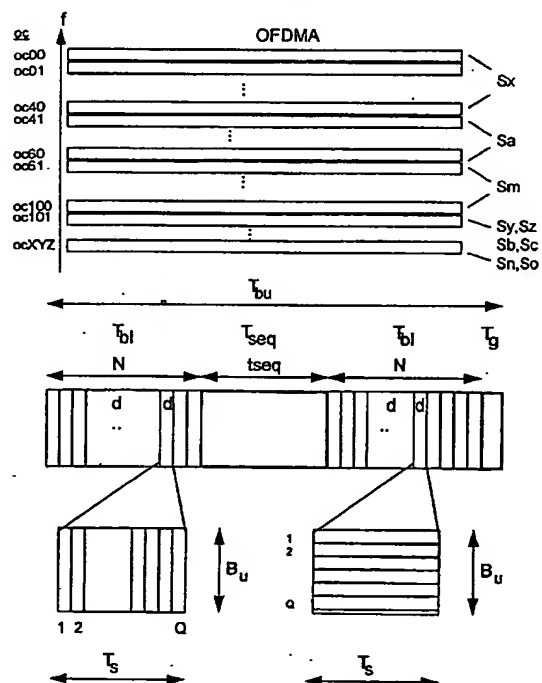
⑦2 Erfinder:  
Ritter, Gerhard, 86943 Thaining, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 44 41 323 A1  
KAMMEYER, K.D.: Nachrichtenübertragung,  
Teubner Verlag, Stuttgart, 1996, 2. Aufl.,  
ISBN-3-519-16142-7, S. 611-613;

⑤4 Verfahren und Funk-Kommunikationssystem zur Zuteilung von Funkressourcen einer Funkschnittstelle

- 57 · Das erfindungsgemäße Verfahren und Funk-Kommunikationssystem geht aus von einem OFDMA-Multiträgerverfahren und der Nutzung einer Anzahl von Subträgern (oc), die für die Kommunikationsverbindung zwischen Basisstation (BS) und Mobilstation (MS) zugeteilt werden, und umfaßt folgende Schritte:
  - Messen der Qualität unterschiedlicher Segmente (S... ) des Frequenzspektrums durch jede Mobilstation (MS),
  - Bestimmen zumindest eines für die eigene Kommunikationsverbindung bevorzugt geeigneten Segments (Sx...Sa...Sm...) durch jede Mobilstation (MS) und Senden einer entsprechenden Information zur Basisstation (BS),
  - Auswerten der von den Mobilstationen (MS) empfangenen Informationen durch die Basisstation (BS) und Zuteilen eines Segments (Sx, Sa, Sm) für die jeweilige Kommunikationsverbindung an jede Mobilstation (MS) abhängig von der Auswertung,
  - Senden einer Information über das zugeteilte Segment (Sx, Sa, Sm) zu jeder Mobilstation (MS) durch die Basisstation (BS).



DE 198 00 953 C 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Zuteilung von Funkressourcen einer Funkschnittstelle eines Funk-Kommunikationssystem sowie ein entsprechendes Funk-Kommunikationssystem.

Bekanntlich weisen Funk-Kommunikationssysteme eine Funkschnittstelle auf, über die Datensymbole zwischen einer ortsfesten Basisstation und üblicherweise mehreren, im Funkversorgungsbereich – z. B. einer Funkzelle – der Basisstation befindlichen beweglichen Mobilstationen übertragen werden. Dabei finden Vielfachzugriffsverfahren Anwendung, um die Funkressourcen der Funkschnittstelle möglichst effektiv ausnutzen zu können. Ein klassisches Vielfachzugriffsverfahren ist das für Zeitmultiplex (TDMA, Time Division Multiple Access), bei dem die Datensymbole als Funkblock (bursts) in einem Zeitschlitz (time slot) enthalten sind. Ein weiteres Vielfachzugriffsverfahren ist das für Kodemultiplex (CDMA, Code Division Multiple Access), bei dem jedes Datensymbol mit mehreren Codesymbolen auf eine bestimmte Bandbreite gespreizt wird.

Darüber hinaus gibt es das OFDMA-Multiträgerverfahren (Orthogonal Frequency Division Multiple Access), das zur Übertragung der Datensymbole das OFDM-Prinzip gemäß Kapitel 15.3.2 von "Nachrichtenübertragung", K. D. Kammeyer, Teubner Verlag, Stuttgart, 2. Auflage 1996 nutzt. Nahezu rechteckförmige Send- und Empfangsfilter-Impulsantworten ermöglichen eine FFT-(Fast Fourier Transformation) bzw. IFFT-(Inverse Fast Fourier Transformation) basierte Signalverarbeitung im Sender und Empfänger, was hohe Datenraten bei relativ geringer Komplexität erlaubt. Darüber hinaus ist vorteilhaft, daß schmalbandige Subträger (OFDMA carriers), die beispielsweise nur einige wenige Kilohertz voneinander getrennt sein können, eine feine Granularität der Datenraten abhängig von der jeweiligen Anwendung ermöglichen. So kann eine Anzahl von Subträgern und damit ein Segment eines Frequenzspektrums für die Kommunikationsverbindung zwischen Basisstation und Mobilstation zugewiesen werden.

Aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 44 41 323 A1 ist ein Verfahren zur Übertragung von OFDM-Signalen in einem mobilen Kommunikationssystem bekannt, bei dem für hohe Übertragungsraten dynamikreduzierte OFDM-Signale durch einen Sendeverstärker innerhalb seines im wesentlichen linearen Verstärkungsbereichs verstärkt werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Verfahren und Funk-Kommunikationssystem zur Zuteilung von Funkressourcen bei Anwendung des OFDMA-Multiträgerverfahrens anzugeben.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung durch das Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 und durch das Funk-Kommunikationssystem mit den Merkmalen des Patentanspruchs 12 gelöst. Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Das erfindungsgemäße Verfahren geht aus von dem OFDMA-Multiträgerverfahren und der Nutzung einer Anzahl von Subträgern, die für die Kommunikationsverbindung zwischen Basisstation und Mobilstationen zugeteilt werden, und umfasst folgende Schritte:

- Messen der Qualität unterschiedlicher Segmente des Frequenzspektrums durch jede Mobilstation,
- Bestimmen zumindest eines für die eigene Kommunikationsverbindung bevorzugt geeigneten Segments durch jede Mobilstation und Senden einer entsprechenden Information zur Basisstation,
- Auswerten der von den Mobilstationen empfangenen Informationen durch die Basisstation und Zuteilen

eines Segments für die jeweilige Kommunikationsverbindung an jede Mobilstation abhängig von der Auswertung,

- Senden einer Information über das zugeteilte Segment zu jeder Mobilstation durch die Basisstation.

Das erfindungsgemäße Funk-Kommunikationssystem geht ebenfalls aus von dem OFDMA-Multiträgerverfahren und der Nutzung einer Anzahl von Subträgern, die für die Kommunikationsverbindung zwischen Basisstation und Mobilstation zugeteilt werden, und umfasst folgende Mittel:

- Steuermittel in jeder Mobilstation zum Messen der Qualität unterschiedlicher Segmente des Frequenzspektrums und zum Bestimmen zumindest eines für die eigene Kommunikationsverbindung bevorzugt geeigneten Segments,
- Sendemittel in jeder Mobilstation zum Senden einer entsprechenden Information zur Basisstation,
- Steuermittel in jeder Basisstation zum Auswerten der von den Mobilstationen empfangenen Informationen und zum Zuteilen eines Segments für die jeweilige Kommunikationsverbindung an jede Mobilstation abhängig von der Auswertung, sowie
- Sendemittel in jeder Basisstation zum Senden einer Information über das zugeteilte Segment zu jeder Mobilstation.

Durch das geschilderte Zuteilungsverfahren können die Vorteile des OFDMA-Multiträgerverfahrens genutzt und möglichst optimale Frequenzressourcen für alle von einer Basisstation betreuten Kommunikationsverbindungen mit Hilfe der flexiblen Zuweisung mehrerer Subträger bzw. eines dadurch definierten Segments des Frequenzspektrums vergeben werden. Dabei spielt die Qualität der eigenen Kommunikationsverbindung im Hinblick auf die Frequenzsituation eine entscheidende Rolle, die entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren individuell nach Bestimmen der am besten geeigneten Segmente in jeder von der Basisstation betreuten Mobilstation geändert und damit verbessert wird.

Ein weiterer wichtiger Vorteil besteht darin, daß durch die Erfindung die Interferenzen, insbesondere die in Funk-Kommunikationssystemen kritischen Interzellinterferenzen und die Intersymbolinterferenzen, berücksichtigt und ausgeglichen werden können.

Es wird durch das erfindungsgemäße Verfahren und Funk-Kommunikationssystem auch eine kosteneffektive und gegenüber einer Breitband-Kommunikation (wideband communication) leistungssteigernde – vor allem für höhere Frequenzen im MHz-Bereich – Zuteilung der Frequenzressourcen bei Anwendung des OFDMA-Multiträgerverfahrens erzielt. Das verbesserte OFDMA-Multiträgerverfahren kann mit anderen Vielfachzugriffsverfahren, die Datensymbole endlicher Dauer in Zeitschlitzten übertragen, zu einem noch effektiveren Funksystem kombiniert werden. So ist das verbesserte OFDMA-Multiträgerverfahren gemäß einer besonders bevorzugten Ausgestaltung in ein TDMA/CDMA-Funksystem integrierbar, was für Anwendungen mit geringeren Leistungsanforderungen – z. B. Mikrozellensysteme – oder für TDD-Anwendungen (Time Division Duplex) oder für Anwendungen bei höheren Datenraten – z. B. für Indoor-Systeme, Schnurlos-Systeme (residential cordless) – oder für Anwendungen mit geringen Bewegungsgeschwindigkeiten besonders vorteilhaft sich auswirkt.

Die Flexibilität des erfindungsgemäßen Verfahrens wird besonders vorteilhaft ausgenutzt, wenn den Mobilstationen von der Basisstation Segmente des Frequenzspektrums zu-

geteilt werden, deren Bandbreiten sich unterscheiden, oder eine unterschiedliche Anzahl von Zeitschlitz für die Übertragung der Datensymbole in den zugeteilten Segmenten zugeteilt wird. Damit können für individuelle Kommunikationsverbindungen, die sich voneinander unterscheiden, die am besten geeigneten Segmente zur Kommunikation jederzeit bestimmt und bei Bedarf geändert werden.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird von den Mobilstationen jeweils eine Prioritätenliste an die Basisstation gesendet, die Informationen über ein für die eigene Kommunikationsverbindung am besten geeignetes Segment sowie über weitere, für die eigene Kommunikationsverbindung bevorzugt geeignete Segmente enthält. Dadurch erhält die Basisstation anhand der eintreffenden Listen Kenntnis von den Wünschen aller Mobilstationen hinsichtlich des oder der für sie am besten geeigneten Segmente, und kann entsprechende Neuordnungen der Segmente des Frequenzspektrums zu allen Mobilstationen – besser angepasst an deren übermittelte Bedürfnisse – vornehmen.

Es hat sich als günstig erwiesen, daß für jede Mobilstation die Anzahl der zugeteilten Subträger in einem Zeitschlitz von der Basisstation variabel einstellbar ist, um bei Bedarf nicht nur die Segmente wechseln, sondern auch deren Bandbreite ändern zu können.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung zum Messen der Qualität der Segmente des Frequenzspektrums sieht vor, daß die Mobilstation alle Subträger in dem ihr zugewiesenen Zeitschlitz empfängt, für jeden Subträger überprüft, ob eine Amplitudenmodulation der im Zeitschlitz übertragenen Datensymbole vorliegt, und einen Mittelwert aus den Ergebnissen der Überprüfung für alle zu dem jeweiligen Segment gehörigen Subträger bildet. Der Vorteil liegt in dem Zweistufen-Verfahren, bei dem zunächst jeweils die Qualität für die individuellen Subträger ermittelt und anschließend zur Festlegung der Qualität des speziellen Segments die Qualitäten der Subträger gemittelt werden.

Eine besonders einfache Methode zum Messen der Qualität besteht darin, relative Abweichungen der Amplituden der Datensymbole dadurch zu ermitteln, daß die absolute Amplitudendifferenz von Datensymbol zu Datensymbol aufaddiert und das Additionsresultat mit der mittleren Amplitude aller auf einem vorgebbaren Subträger übertragenen Datensymbole normiert wird.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung weist das Funk-Kommunikationssystem eine Mobilstation mit Steuermitte zum Messen der Qualität unterschiedlicher Segmente des Frequenzspektrums und zum Bestimmen zumindest eines für die eigene Kommunikationsverbindung bevorzugt geeigneten Segments, sowie mit Sendemittel zum Senden einer entsprechenden Information zur Basisstation auf.

Gemäß einer anderen Weiterbildung der Erfindung weist das Funk-Kommunikationssystem eine Einrichtung, die gemäß alternativer Ausgestaltungen als Teil einer Basisstation oder einer Basisstationssteuerung ausgeprägt ist, mit Steuermitte zum Auswerten der von den Mobilstationen empfangenen Informationen und zum Zuteilen eines Segments für die jeweilige Kommunikationsverbindung an jede Mobilstation abhängig von der Auswertung, sowie mit Sendemittel zum Senden einer Information über das zugeteilte Segment zu jeder Mobilstation auf.

Im folgenden wird der Erfindungsgegenstand anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf zeichnerische Darstellungen näher erläutert.

Dabei zeigen

Fig. 1 ein Blockschaltbild eines Mobilfunksystems mit mehreren von einer Basisstation betreuten Mobilstationen,

Fig. 2 eine schematische Darstellung der Struktur eines Funkblocks mit Datensymbolen in einem Zeitschlitz sowie der OFDMA-Subträger zur Bildung von Segmenten eines Frequenzspektrums,

Fig. 3 einen Nachrichtenfluß zur Zuteilung der Frequenzressourcen zu den Mobilstationen,

Fig. 4 eine schematische Darstellung der Amplitudenmodulation der übertragenen Datensymbole auf einem OFDMA-Subträger zum Messen der Qualität der Segmente,

Fig. 5 ein Blockschaltbild einer Mobilstation, und

Fig. 6 ein Blockschaltbild einer Basisstation/Basisstationssteuerung.

Das in Fig. 1 dargestellte Funk-Kommunikationssystem entspricht in seiner Struktur einem bekannten Mobilfunksystem, das Netzeinrichtungen eines Mobilfunknetzes wie z. B. Mobilvermittlungsstellen MSC, die untereinander vernetzt sind bzw. den Zugang zu einem Festnetz PSTN herstellen, und mit den Mobilvermittlungsstellen MSC verbundene Basisstationssteuerungen BSC und mit jeweils einer Basisstationssteuerung BSC verbundene Basisstationen BS aufweist. Eine solche Basisstation BS ist eine ortsfeste Funkstation, die über eine Funkschnittstelle Kommunikationsverbindungen zu Mobilstationen MS aufbauen, abbauen und aufrechterhalten kann. In Fig. 1 sind beispielhaft drei Funkverbindungen zwischen drei Mobilstationen MS und einer Basisstation BS dargestellt. Ein Operations- und Wartungszentrum OMC realisiert Kontroll- und Wartungsfunktionen für das Mobilfunksystem bzw. für Teile davon. Das Operations- und Wartungszentrum OMC und die Basisstationssteuerung BSC realisieren üblicherweise die Funktionen der Einstellung und Anpassung der Zuteilung von funktchnischen Ressourcen innerhalb der Funkzellen der Basisstationen BS. Die Funktionalität des Funk-Kommunikationssystems ist auch auf andere Funk-Kommunikationssysteme übertragbar, ggf. auch mit ortsfesten Mobilstationen MS. Auch bei diesen Funk-Kommunikationssystemen kann das erfindungsgemäße Verfahren zum Einsatz kommen.

Die Kommunikationsverbindungen zwischen der Basisstation BS und den Mobilstationen MS unterliegen einer Mehrwegeausbreitung, die durch Reflektionen beispielsweise an Gebäuden oder Bepflanzungen zusätzlich zum direkten Ausbreitungsweg hervorgerufen werden. Geht man von einer Bewegung der Mobilstationen MS aus, dann führt die Mehrwegeausbreitung zusammen mit weiteren Störungen dazu, daß bei der empfangenden Basisstation BS sich die Signalkomponenten der verschiedenen Ausbreitungswege eines Teilnehmersignals zeitabhängig überlagern. Weiterhin wird davon ausgegangen, daß ein OFDMA-Multiträgerverfahren zur Übertragung von Datensymbolen in Zeitschlitz benutzt wird, das den Mobilstationen jeweils eine Anzahl von Subträgern und damit ein Segment eines Frequenzspektrums für die Kommunikationsverbindung zwischen Basisstation BS und Mobilstation MS zuteilt.

Gemäß dem Erfindungsgegenstand misst jede Mobilstation MS die Qualität unterschiedlicher Segmente des Frequenzspektrums, wobei sie alle Subträger in dem ihr zugewiesenen Zeitschlitz empfängt, für jeden individuellen Subträger dessen Qualität überprüft und anschließend die ermittelten Qualitäten der Subträger mittelt. Danach bestimmt jede Mobilstation zumindest ein für die eigene Kommunikationsverbindung bevorzugt geeignetes Segment und sendet eine entsprechende Information zur Basisstation BS. Im vorliegenden Beispiel ermittelt die erste Mobilstation ein Segment Sx mit den Subträgern oc00... oc40 als das für sie am besten geeignete Segment. Darüber hinaus bestimmt sie Segmente Sy, Sz als weitere, für die eigene Kommunikationsverbindung bevorzugt geeignete Segmente. In eine Prioritätenliste PL1 werden Informationen über die Segmente

Sx, Sy, Sz eingetragen, entsprechend ihrer Eignung für die Kommunikationsverbindung numeriert und zur Basisstation BS gesendet.

In gleicher Weise ermittelt die zweite Mobilstation ein Segment Sa mit den Subträgern oc41...oc60 als das für sie am besten geeignete Segment. Darüber hinaus bestimmt sie Segmente Sb, Sc als weitere, für die eigene Kommunikationsverbindung bevorzugt geeignete Segmente. In eine Prioritätenliste PL2 werden Informationen über die Segmente Sa, Sb, Sc eingetragen, entsprechend ihrer Eignung für die Kommunikationsverbindung numeriert und ebenfalls zur Basisstation BS gesendet.

Auch die dritte, von der Basisstation BS betreute Mobilstation MS bestimmt ein Segment Sm mit den Subträgern oc61...oc100 als das für ihre Kommunikationsverbindung am besten geeignete Segment. Darüber hinaus gibt sie Segmente Sn, So als weitere, für die eigene Kommunikationsverbindung bevorzugt geeignete Segmente in einer Prioritätenliste PL3 an. Die Informationen über diese drei Segmente Sm, Sn, So, die entsprechend ihrer Eignung für die Kommunikationsverbindung in der Prioritätenliste PL3 numeriert sind, werden von ihr anschließend ebenfalls zur Basisstation BS gesendet. Aus den Beispielen ist entnehmbar, daß die Anzahl der Subträger co... und damit die Bandbreite der Segmente S... unterschiedlich gewählt werden kann.

Die Basisstation BS wertet alle von den Mobilstationen MS empfangenen Informationen aus und teilt abhängig von der Auswertung jeder Mobilstation ein Segment für die jeweilige Kommunikationsverbindung zu. Eine Information über das jeweils zugeteilte Segment sendet die Basisstation zu jeder Mobilstation. Im vorliegenden Beispiel sei angenommen, daß jeder Mobilstation MS das von ihr gewünschte am besten geeignete Segment zugeteilt werden konnte. Dies hängt auch von den Übertragungsbedingungen und/oder der Auslastung der von der Basisstation BS versorgten Funkzelle nach Vorgaben des Operations- und Wartungszentrums OMC oder der Basisstationssteuerung BSC zum Funkressourcenmanagement ab. So erhalten die erste Mobilstation MS das Segment Sx, die zweite Mobilstation MS das Segment Sa und die dritte Mobilstation MS das Segment Sm, jeweils mit den entsprechenden OFDMA-Subträgern co..., von der Basisstation BS zugeteilt. Den individuellen Mobilstationen MS kann auch eine unterschiedliche Anzahl von Zeitschlitzten zur Übertragung der Datensymbole in den zugeteilten Segmenten zugewiesen werden.

Die Flexibilität des erfindungsgemäßen Verfahrens wird besonders vorteilhaft ausgenutzt, wenn den Mobilstationen MS von der Basisstation BS Segmente des Frequenzspektrums zugeteilt sind, deren Bandbreiten sich unterscheiden, oder eine unterschiedliche Anzahl von Zeitschlitzten für die Übertragung der Datensymbole in den zugeteilten Segmenten vorgesehen ist. Damit können für individuelle Kommunikationsverbindungen, die sich voneinander unterscheiden, die am besten geeigneten Segmente zur Kommunikation jederzeit bestimmt und bei Bedarf geändert werden.

In Fig. 2 sind die Struktur eines Funkblocks mit Datensymbolen in einem Zeitschlitz sowie die OFDMA-Subträger zur Bildung der Segmente gemäß den Beispielen in Fig. 1 schematisch dargestellt. So stehen beispielsweise einige hundert Subträger oc – mit einem Abstand von einigen Kilohertz zwischen jeweils zwei benachbarten Träger – in der Funkzelle der in Fig. 1 mit den drei Mobilstationen MS in Verbindung stehenden Basisstation BS zur Verfügung. Davon sind die Subträger oc00...oc40 zur Definition des Segments Sx, die Subträger oc41...oc60 zur Definition des Segments Sa, und die Subträger oc61...oc100 zur Definition des Segments Sm entsprechend der Zuweisung durch die Basisstation auf die Mobilstationen verteilt. Weitere Subträger

oc101...ocXYZ sind in dem insgesamt für einen Netzbetreiber nutzbaren Frequenzband verfügbar, das auch die von den Mobilstationen als ebenfalls geeignet eingestuften Segmente Sy, Sz und Sb, Sc und Sn, So mit einer Anzahl von Subträgern enthält. Nach Fig. 2 wird für die Segmente Sx, Sm eine identische Bandbreite angenommen. Dies ist jedoch für ein Funk-Kommunikationssystem im Sinne der Erfindung keine Voraussetzung.

Der in Fig. 2 beispielhaft gezeigte Funkblock wird in einem Zeitschlitz einer TDMA-Rahmenstruktur übertragen. In jedem Rahmen ist zumindest ein Zeitschlitz für ein oder mehrere Teilnehmersignale vorgesehen. Von der Basisstation wird in jedem Zeitschlitz eine vorgebbare Anzahl von Subträgern benutzt, auf denen jeweils eine vorgebbare Anzahl von Datensymbolen übertragen wird. Darüber hinaus ist für jede Mobilstation die Anzahl der zugeteilten Subträger in einem Zeitschlitz von der Basisstation variabel einstellbar.

Die Dauer des Funkblocks wird mit  $T_{bu}$  bezeichnet. Der Funkblock umfaßt zwei Blöcke mit jeweils  $N$  Datensymbolen  $d$ , wobei jeder Block die Länge  $T_{b1}$  hat. Beide Blöcke sind durch eine Trainingssequenz  $t_{seq}$  mit der Dauer  $T_{tseq}$  getrennt. Den Abschluß des Funkblocks bildet eine Schutzzeit  $T_g$ , die die Laufzeitunterschiede aufgrund unterschiedlicher Entfernungen der Mobilstationen MS von der Basisstation BS ausgleichen soll. Weiterhin wird in Fig. 2 gezeigt, wie ein einzelnes Datensymbol  $d$  nach einem reinen CDMA-Verfahren – linke Darstellung – oder nach einem reinen Mehrträger-Verfahren – rechte Darstellung – übertragen werden kann. Beim CDMA-Verfahren wird jedes Datensymbol  $d$  mit  $Q$  Kodesymbolen auf die Bandbreite  $B_u$  gespreizt. Beim Mehrträger-Verfahren wird jedes Datensymbol  $d$  auf  $Q$  Träger moduliert, wobei die Summe der Bandbreiten der Träger die Bandbreite  $B_u$  ergibt. In beiden Fällen dauert die Übertragung eines Datensymbols die Symboldauer  $T_s$ . Damit ist das Funk-Kommunikationssystem als TDMA/CDMA-Mobilfunksystem ausgebildet, bei dem in durch die Zeitschlitzte gebildeten Frequenzkanälen gleichzeitig die Datensymbole  $d$  mehrerer Kommunikationsverbindungen übertragen werden, wobei die Informationen unterschiedlicher Verbindungen gemäß einer verbindungsindividuellen Feinstruktur – beispielsweise durch Spreizung der Datensymbole – unterscheidbar sind.

Gerade bei Kombination des TDMA/CDMA-Mobilfunksystem mit dem OFDMA-Multiträgerverfahren können möglichst optimale Frequenzressourcen für alle von einer Basisstation betreuten Kommunikationsverbindungen mit Hilfe der flexiblen Zuweisung mehrerer Subträger bzw. eines dadurch definierten Segments des Frequenzspektrums gemäß der Erfindung vergeben werden. Dies wirkt sich für Anwendungen mit geringeren Leistungsanforderungen – z. B. Mikrozellensysteme – oder für TDD-Anwendungen (Time Division Duplex) oder für Anwendungen bei höheren Datenraten – z. B. für Indoor-Systeme, Schnurlos-Systeme (residential cordless) – oder für Anwendungen mit geringen Bewegungsgeschwindigkeiten besonders vorteilhaft aus. Durch das verbesserte Frequenzressourcen-Zuteilungsverfahren (smart frequency hopping approach) gemäß der Erfindung werden Interferenzen, insbesondere die in Funk-Kommunikationssystemen kritischen Interzellinterferenzen (inter-cell interference) und die Intersymbolinterferenzen, berücksichtigt und zumindest vermindert oder gar ausgeglichen. Dies ist deshalb von Bedeutung, da für nahezu alle Funk-Kommunikationssysteme es ein typisches Merkmal ist, daß sie in Abwärtsrichtung (downlink) leistungsbegrenzt sind, was durch Interferenzen noch verstärkt wird.

Fig. 3 zeigt den Nachrichtenfluß über die Funkschnittstelle für die Zuteilung der Frequenzressourcen zu den Mo-

bilstationen MS durch die Basisstation BS. An Stelle der Basisstation BS kann auch eine Basisstationssteuerung BSC die Zuteilung steuern, jedoch kommuniziert immer die Basisstation BS über die Luft mit den Mobilstationen MS. In einem ersten Schritt (1) empfangen die Mobilstationen MS parallel alle Subträger  $oc$  in dem ihnen jeweils zugewiesenen Zeitschlitz  $ts$ . Für jeden Subträger  $oc$  überprüft die Mobilstation MS in einem weiteren Schritt (2), ob eine Amplitudenmodulation der im Zeitschlitz  $ts$  übertragenen Datensymbole vorliegt, und hat damit ein Messergebnis über die Qualität des jeweiligen Subträgers  $oc$ . Sie bildet danach einen Mittelwert aus den Ergebnissen der Überprüfung für alle zu einem ausgewählten Segment gehörigen Subträger  $oc$ , was zu einem Qualitätsergebnis für das gesamte Segment führt. Dies kann sie für mehrere Segmente – vorzugsweise parallel – durchführen. Jede Mobilstation MS bestimmt nach Kenntnis der Qualität unterschiedlicher Segmente in einem weiteren Schritt (3) zumindest ein bevorzugt geeignetes Segment, im Beispiel das Segment  $Sx$  bzw.  $Sa$  bzw.  $Sm$ .

Im Schritt (4) senden die Mobilstationen MS ihre Prioritätenlisten  $PL1...PL3$  mit den Informationen über vorzugsweise mehrere bevorzugt geeignete Segmente, d. h. über die Segmente  $Sx, Sy, Sz$  bzw.  $Sa, Sb, Sc$  bzw.  $Sm, Sn, So$ , für die eine Reihenfolge hinsichtlich ihrer Eignung von der Mobilstation MS festgelegt wurde, über die Funkschnittstelle zu der Basisstation BS.

In einem Schritt (5) wertet die Basisstation BS die eintreffenden Prioritätenlisten  $PL1...PL3$  mit den Informationen über die gewünschten Segmente aus und entscheidet – gegebenenfalls in Rücksprache mit der Basisstationssteuerung BSC –, welches Segment der jeweiligen Mobilstation MS zuzuweisen ist. Im genannten Beispiel ordnet die Basisstation BS die Segmente  $Sx, Sa$  und  $Sm$ , die allesamt als die am besten geeigneten Segmente mobilstationsseitig ausgewählt wurden, den drei Mobilstationen zu. Für den Fall, daß nicht das gewünschte Segment zugeordnet werden kann, wird eines der anderen, von der Mobilstation MS alternativ angegebenen Segmente ausgewählt. Im Schritt (6) werden schließlich die Informationen über die zugewiesenen Segmente  $Sx, Sa$  und  $Sm$  zu den Mobilstationen MS über die Funkschnittstelle übertragen, die die empfangenen neuen Frequenzressourcen im Frequenzspektrum für ihre individuellen Kommunikationsverbindungen nutzen. Zur Überwachung eines möglichst breiten Frequenzspektrums verfügen die Mobilstationen MS jeweils über Breitband-Empfänger, was bei Anwendung des OFDMA-Multiträgerverfahrens der Fall ist. Der Zeitpunkt und damit die Geschwindigkeit der Änderung der Zuteilung der Funkressourcen bzw. Frequenzressourcen kann abhängig von den Übertragungsbedingungen und/oder der Auslastung einer Funkzelle erfolgen. Grundsätzlich ist es pro Sekunde in einer der Anzahl der übertragenen TDMA-Rahmen entsprechenden Häufigkeit möglich. Bei einem auf dem GSM-Standard basierenden Mobilfunksystem werden beispielsweise circa 217 Rahmen in der Sekunde übertragen.

Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung der Amplitudenmodulation der übertragenen Datensymbole auf einem OFDMA-Subträger zum Messen der Qualität der Segmente durch jede Mobilstation. Durch Umsetzen möglicherweise auftretender Interferenzen oder Rauschen in eine Amplitudenmodulation von Datensymbol zu Datensymbol kann auf einfache, aber effektive Weise die Qualität der einzelnen Subträger und damit auch des gesamten Segments über alle zugehörigen Subträger mobilstationsseitig gemessen werden. Für jedes übertragene Datensymbol im Zeitschlitz wird eine FFT-Signalverarbeitung durchgeführt, und die Signalverarbeitung trägerspezifisch für die Subträger des Segments

fortgesetzt. So entsteht aus einem Nutzsignal  $ss$  durch ein Interferenzsignal- oder ein Rauschsignal  $rs$  ein resultierendes Signal  $rs$  mit einer bestimmten Amplitude, die zwischen einer minimalen Amplitude  $A_{min}$  und einer maximalen Amplitude  $A_{max}$  liegt. Liegt Interferenz oder Rauschen vor, variieren die Amplituden der individuell auf einem bestimmten Subträger Datensymbole von Datensymbol zu Datensymbol. Gibt es keine Interferenz oder kein Rauschen, weisen die Amplituden aller Datensymbole denselben Wert auf. Am einfachsten können relative Abweichungen der Amplituden der Datensymbole dadurch ermittelt werden, daß die absolute Amplitudendifferenz von Datensymbol zu Datensymbol aufaddiert und das Additionsergebnis mit der mittleren Amplitude aller auf einem vorgebbaren Subträger übertragenen Datensymbole normiert wird. Im Beispiel werden beispielsweise die Qualitätsergebnisse aller 40 Subträger des Segments  $Sx$  gemittelt und ein entsprechender Qualitätswert für das Segment  $Sx$  ermittelt. Dies wird für eine Mehrzahl anderer Segmente ebenfalls ausgeführt, und eine Anzahl von Segmenten bester Qualität hinsichtlich der eigenen Kommunikationsverbindung festgelegt.

Eine Mobilstation MS zur Unterstützung des erfindungsgemäßen Verfahrens und Funk-Kommunikationssystems ist in Fig. 5 dargestellt, während Fig. 6 eine entsprechende Basisstation bzw. Basisstationssteuerung BSC zeigt. Dabei sind nur die für den Erfindungsgegenstand wesentlichen Mittel und Einrichtungen dargestellt.

Die Mobilstation MS weist Steuermittel MSE mit einer Speichereinrichtung MSP und einer FFT-Einrichtung FFT, Modulationsmittel MOD bzw. Demodulationsmittel DEM und Sende/Empfangsmittel MHF auf.

In Abwärtsrichtung wie in Aufwärtsrichtung (uplink) werden Datensymbole  $d$  der Teilnehmersignale übertragen. Für die Übertragung in Aufwärtsrichtung werden sie von den Steuermitteln MSE aufbereitet und für das Senden den Modulationsmitteln MOD zugeführt. Dagegen werden in Abwärtsrichtung die Datensymbole  $d$  von den Sende/Empfangsmitteln MHF empfangen, von den Demodulationsmitteln DEM aufbereitet und an die Steuermittel MSE weitergeleitet. In einem Teil der Modulationsmittel MOD wird eine Datenmodulation, Fehlersicherung, Verschachtelung u. ä. durchgeführt. Zusätzlich werden die Datensymbole  $d$  eines Funkblockes in einem Teil der Modulationsmittel MOD entsprechend der Kombination von TDMA- und CDMA-Verfahren zur Realisierung der verbindungsindividuellen Feinstruktur für die Unterscheidung der Teilnehmersignale in einem Zeitschlitz gespreizt. Nach Analog/Digital-Wandlung werden die Funkblöcke in den Sende/Empfangsmitteln MHF verstärkt und über die Funkschnittstelle zu der Basisstation gesendet.

In Abwärtsrichtung empfangen die Sende/Empfangsmittel MHF über die Luft alle Subträger  $oc$  in dem der Mobilstation MS zugewiesenen Zeitschlitz – siehe Schritt (1) in Fig. 3. Die Steuermittel MSE werden über die Subträger  $oc$  informiert und führen eine Messung der Qualität unterschiedlicher Segmente entsprechend obiger Ausführungen durch. Die Steuermittel MSE bestimmen die für die eigene Kommunikationsverbindung bevorzugt geeigneten Segmente  $S...$ , tragen sie in die Prioritätenliste ein, und veranlassen die Sende/Empfangsmittel MHF zum Aussenden entsprechender Informationen über die Luft an die Basisstation – siehe Schritt (4) in Fig. 3.

Auch in Abwärtsrichtung empfangen die Sende/Empfangsmittel MHF – aber zu einem späteren Zeitpunkt nach erfolgter Auswertung der übermittelten Segmente aller Mobilstationen durch die Basisstation – die Information über das individuell von der Basisstation zugewiesene Segment  $S...$  – siehe Schritt (6) in Fig. 3. Entsprechend der zugewie-

ten Frequenzressourcen nehmen die Steuermittel MSE eine Änderung der funkttechnischen Parameter in der Funkzelle für die Mobilstation MS vor.

Gleichzeitig kann durch das verbesserte Zuteilungsverfahren den Bedürfnissen einzelner Mobilstationen MS entsprochen werden, die besondere Übertragungsbedingungen (kein CDMA oder ein Mehrträger-Verfahren nur innerhalb einer bestimmten Bandbreite) und besondere Datenraten anfordern.

Die Einrichtung gemäß Fig. 6 – als Basisstation BS oder als Basisstationssteuerung BSC ausgeprägt – weist Steuermittel BSE mit einer Speichereinrichtung BSP und einer FFT-Einrichtung FFT, Modulationsmittel MOD bzw. Demodulationsmittel DEM und Sende/Empfangsmittel BHF auf. Von den Steuermitteln BSE werden die Sende/Empfangsmittel BHF veranlaßt, die Subträger  $\omega_c$  über die Luft in Abwärtsrichtung zu den Mobilstationen zu senden. In der Gegenrichtung empfangen die Sende/Empfangsmittel BHF die Informationen über die von den Mobilstationen bestimmten Segmenten S... und leiten sie an die Steuermittel BSE weiter. Anhand der Auswertung der Gesamtheit der eintreffenden Informationen teilt die Steuermittel BSE ein Segment S... jeder von ihr versorgten Mobilstation zu und veranlaßt die Sende/Empfangsmittel BHF zum Aussenden entsprechender Informationen über die Luft an die jeweilige Mobilstation.

Die Änderung der Segmente des Frequenzspektrums berücksichtigt auch die Übertragungsbedingungen (starke Störungen und Interferenzen) und die Auslastung der funkttechnischen Ressourcen (Zeitschlitz, Frequenzen, Spreizcodes) in der Funkzelle. Diese Bedingungen werden den Steuermitteln BSE vom Basisstationscontroller BSC bzw. vom Operations- und Wartungszentrum OMC signalisiert. Daraufhin wählen die Steuermittel BSE die Subträger zur Definition des Segments nach Qualitätsmerkmalen für jede Kommunikationsverbindung aus.

Die Signalverarbeitung bei Anwendung des OFDMA-Multiträgerverfahrens durch die FFT-Einrichtung FFT sowie die Modulationsmittel MOD bzw. Demodulationsmittel DEM arbeiten in der Basisstation BS in gleicher Weise wie in der Mobilstation MS, sodaß obige Ausführungen zu Fig. 5 entsprechend gelten. In der Speichereinrichtung BSP sind u. a. die von den Mobilstationen kommenden Prioritätenlisten mit den als bevorzugt geeignet gekennzeichneten Segmenten gespeichert.

Zum Erreichen einer möglichst einfachen Synchronisation in Bezug auf Zeit und Frequenz wird ein Anfangs-Synchronisationsschritt ausgeführt, bei dem Symbole mit halber Übertragungsrate gesendet werden, sodaß die übertragenen Symbole auch bei vollständig unsynchronisierten Bedingungen in einem Zeitfenster sicher empfangen werden. Bei Mikrozellen-Anwendungen ist lediglich eine Synchronisation der Mobilstationen auf die Basisstation erforderlich.

Zur Identifikation der Basisstation BS kann ein Basisstationskode gebildet werden, wobei die Phasen zwischen den auf zumindest zwei benachbarten Subträgern an erster Stelle im Funkblock übertragenen Datensymbolen verwendet werden. Vorzugsweise sind dies die beiden Subträger, die in der Mitte eines Datenstroms mit mehreren Subträgern liegen. So wird dem ersten Datensymbol auf dem Subträger mit der niedrigeren Frequenz die Phase 0 Grad zugeordnet. Die Phase des ersten Datensymbols des beobachteten Subträgers mit der höheren Frequenz bildet den Basisstationskode, d. h. mit den Werten 0 Grad, 90 Grad, 180 Grad und 270 Grad. Die Phasen der ersten Symbole der beiden beobachteten Subträger kann auch als Phasenreferenz zum Detektieren der Informationen auf allen Subträgern benutzt werden.

Aus obigen Bemerkungen ergibt sich, daß sich das erfin-

dungsgemäße Verfahren insbesondere für einen Einsatz in zukünftigen Funk-Kommunikationssystemen, wie UMTS (Universal Mobile Communications System) oder FPLMTS (Future Public Land Mobile Telecommunication System) eignet.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Zuteilung von Funkressourcen einer Funkschnittstelle eines Funk-Kommunikationssystems, wobei

- Datensymbole (d) in Zeitschlitz (ts) über die Funkschnittstelle zwischen einer Basisstation (BS) und mehreren von der Basisstation (BS) betreuten Mobilstationen (MS) übertragen werden, und

- ein OFDMA-Multiträgerverfahren zur Übertragung der Datensymbole (d) benutzt wird, das den Mobilstationen (MS) jeweils eine Anzahl von Subträgern ( $\omega_c$ ) und damit ein Segment (S...) eines Frequenzspektrums für die Kommunikationsverbindung zwischen Basisstation (BS) und Mobilstation (MS) zuteilt,

mit den folgenden Verfahrensschritten:

- Messen der Qualität unterschiedlicher Segmente (S...) des Frequenzspektrums durch jede Mobilstation (MS),

- Bestimmen zumindest eines für die eigene Kommunikationsverbindung bevorzugt geeigneten Segments (Sx... Sa... Sm...) durch jede Mobilstation (MS) und Senden einer entsprechenden Information zur Basisstation (BS),

- Auswerten der von den Mobilstationen (MS) empfangenen Informationen durch die Basisstation (BS) und Zuteilen eines Segments (Sx, Sa, Sm) für die jeweilige Kommunikationsverbindung an jede Mobilstation (MS) abhängig von der Auswertung, sowie

- Senden einer Information über das zugeteilte Segment (Sx, Sa, Sm) zu jeder Mobilstation (MS) durch die Basisstation (BS).

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem zumindest zwei Mobilstationen (MS) von der Basisstation (BS) Segmente (Sx, Sa) des Frequenzspektrums zugeteilt werden, deren Bandbreiten sich unterscheiden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem den Mobilstationen (MS) von der Basisstation (BS) eine unterschiedliche Anzahl von Zeitschlitz (ts) für die Übertragung der Datensymbole (d) in den zugeteilten Segmenten zugeteilt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem von den Mobilstationen (MS) jeweils eine Prioritätenliste (PL1, PL2, PL3) an die Basisstation (BS) gesendet wird, die Informationen über ein für die eigene Kommunikationsverbindung am besten geeignetes Segment (Sx, Sa, Sm) sowie über weitere, für die eigene Kommunikationsverbindung bevorzugt geeignete Segmente (Sy, Sz; Sb, Sc; Sn, So) enthält.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem von der Basisstation (BS) in jedem Zeitschlitz (ts) eine vorgebbare Anzahl von Subträgern ( $\omega_c$ ) benutzt wird, auf denen jeweils eine vorgebbare Anzahl von Datensymbolen (d) übertragen wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem für jede Mobilstation (MS) die Anzahl der zugeteilten Subträger ( $\omega_c$ ) in einem Zeitschlitz (ts) von der Basisstation (BS) variabel einstellbar ist.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche



che, bei dem zum Messen der Qualität der Segmente (S...) des Frequenzspektrums von der Mobilstation (MS)

- alle Subträger (oc) in dem ihr zugewiesenen Zeitschlitz (ts) empfangen werden, 5
- für jeden Subträger (oc) überprüft wird, ob eine Amplitudenmodulation der im Zeitschlitz übertragenen Datensymbole
- (d) vorliegt, und ein Mittelwert aus den Ergebnissen der Überprüfung für alle zu dem jeweiligen Segment (S...) gehörigen Subträger (oc) gebildet wird. 10

8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem relative Abweichungen der Amplituden der Datensymbole (d) dadurch ermittelt werden, daß die absolute Amplitudendifferenz von Datensymbol zu Datensymbol aufaddiert und das Additionsergebnis mit der mittleren Amplitude aller auf einem vorgebbaren Subträger (oc) übertragenen Datensymbole normiert wird. 15

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, bei dem von der Mobilstation (MS) mehrere Segmente (z. B. Sx, Sy, Sz) bester Qualität bestimmt und entsprechend einer ansteigenden Amplitudenmodulation in einer Prioritätenliste (z. B. PL1) numeriert werden. 20

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, bei dem eine Amplitudenmodulation dann ermittelt wird, wenn die Amplituden der auf einem bestimmten Subträger (oc) übertragenen Datensymbole (d) auf Grund von Interferenzen oder von Rauschen sich von Datensymbol zu Datensymbol unterscheiden. 30

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Funk-Kommunikationssystem als TDMA/CDMA-Mobilfunksystem ausgeprägt ist, bei dem in durch Zeitschlitze gebildeten Frequenzkanälen gleichzeitig Datensymbole (d) mehrerer Kommunikationsverbindungen übertragen werden, wobei die Informationen unterschiedlicher Verbindungen gemäß einer verbindungsindividuellen Feinstruktur unterscheidbar sind. 35

12. Funk-Kommunikationssystem zur Zuteilung von Funkressourcen einer Funkschnittstelle, wobei 40

- Datensymbole (d) in Zeitschlitzen (ts) über die Funkschnittstelle zwischen einer Basisstation (BS) und mehreren von der Basisstation (BS) betreuten Mobilstationen (MS) übertragen werden, 45 und
- ein OFDMA-Multiträgerverfahren zur Übertragung der Datensymbole (d) benutzt wird, das den Mobilstationen (MS) jeweils eine Anzahl von Subträgern (oc) und damit ein Segment (S...) eines Frequenzspektrums für die Kommunikationsverbindung zwischen Basisstation (BS) und Mobilstation (MS) zuteilt, 50

mit

- Steuermittel (MSE) in jeder Mobilstation (MS) zum Messen der Qualität unterschiedlicher Segmente (S...) des Frequenzspektrums und zum Bestimmen zumindest eines für die eigene Kommunikationsverbindung bevorzugt geeigneten Segments (Sx... Sa... Sm...), 55
- Sendemittel (MHF) in jeder Mobilstation (MS) zum Senden einer entsprechenden Information zur Basisstation (BS), 60
- Steuermittel (BSE) in jeder Basisstation (BS) zum Auswerten der von den Mobilstationen (MS) empfangenen Informationen und zum Zuteilen eines Segments (Sx, Sa, Sm) für die jeweilige Kommunikationsverbindung an jede Mobilstation 65

(MS) abhängig von der Auswertung, sowie

- Sendemittel (HF) in jeder Basisstation (BS) zum Senden einer Information über das zugeteilte Segment (Sx, Sa, Sm) zu jeder Mobilstation (MS).

13. Funk-Kommunikationssystem nach Anspruch 12, mit einer Mobilstation (MS), die aufweist

- Steuermittel (MSE) zum Messen der Qualität unterschiedlicher Segmente (S...) des Frequenzspektrums und zum Bestimmen zumindest eines für die eigene Kommunikationsverbindung bevorzugt geeigneten Segments (Sx, Sa, Sm), und
- Sendemittel (MHF) zum Senden einer entsprechenden Information zur Basisstation (BS).

14. Funk-Kommunikationssystem nach Anspruch 12 oder 13, mit einer Einrichtung, die aufweist

- Steuermittel (BSE) zum Auswerten der von den Mobilstationen (MS) empfangenen Informationen und zum Zuteilen eines Segments (Sx, Sa, Sm) für die jeweilige Kommunikationsverbindung an jede Mobilstation (MS) abhängig von der Auswertung, sowie
- Sendemittel (BHF) zum Senden einer Information über das zugeteilte Segments (Sx, Sa, Sm) zu jeder Mobilstation (MS).

15. Funk-Kommunikationssystem nach Anspruch 14, bei dem die Steuermittel (BSE) das Auswerten der von den Mobilstationen (MS) empfangenen Informationen und das Zuteilen der Segmente (Sx, Sa, Sm) für die jeweiligen Kommunikationsverbindungen an die Mobilstationen (MS) entsprechend den Übertragungsbedingungen und/oder der Auslastung einer Funkzelle nach Vorgaben einer Einrichtung (BSC, OMC) zum Funkressourcenmanagement durchführen. 40

16. Funk-Kommunikationssystem nach Anspruch 14 oder 15, bei dem die Einrichtung als Teil einer Basisstation (BS) ausgebildet ist.

17. Funk-Kommunikationssystem nach Anspruch 14 oder 15, bei dem die Einrichtung als Teil einer Basisstationssteuerung (BSC) ausgebildet ist.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

FIG 1

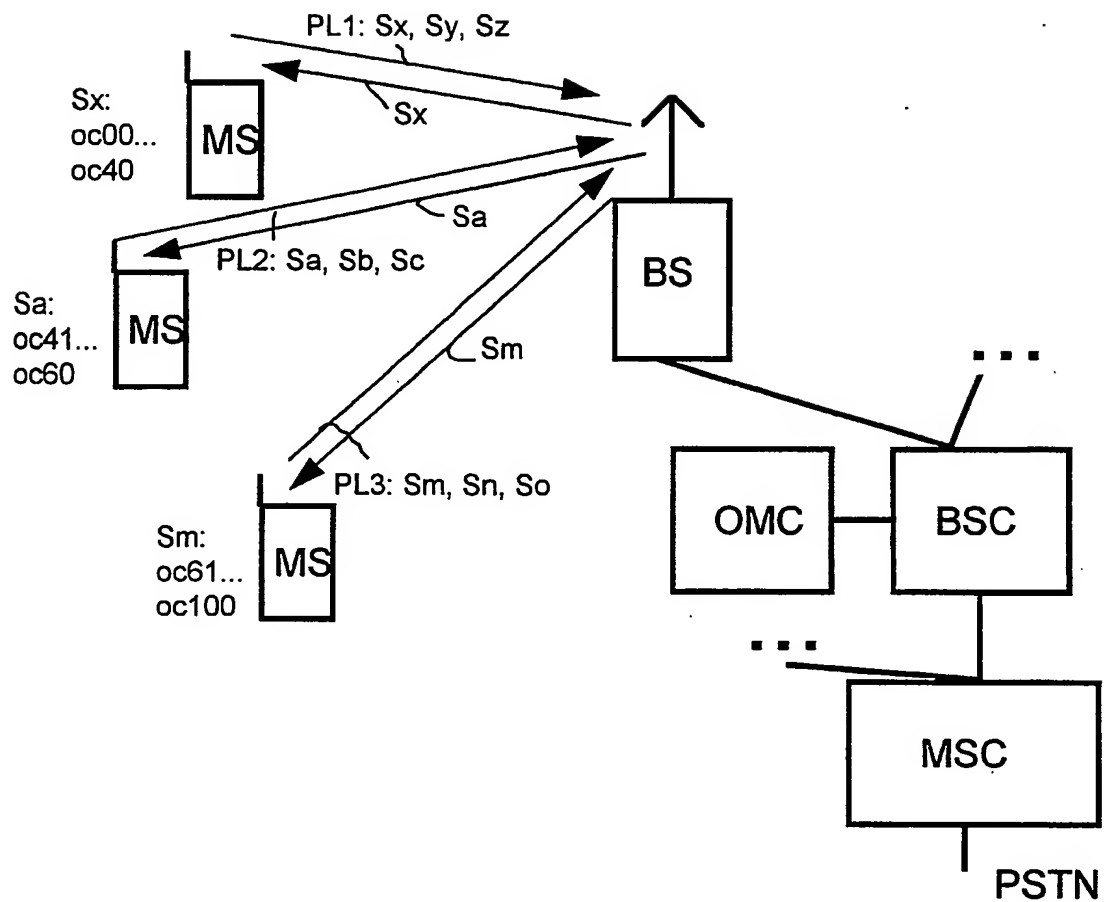


FIG 4

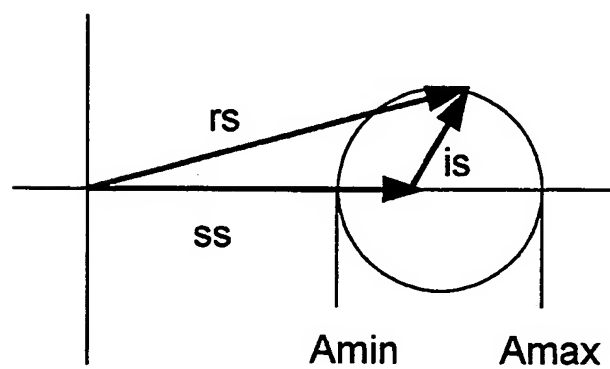
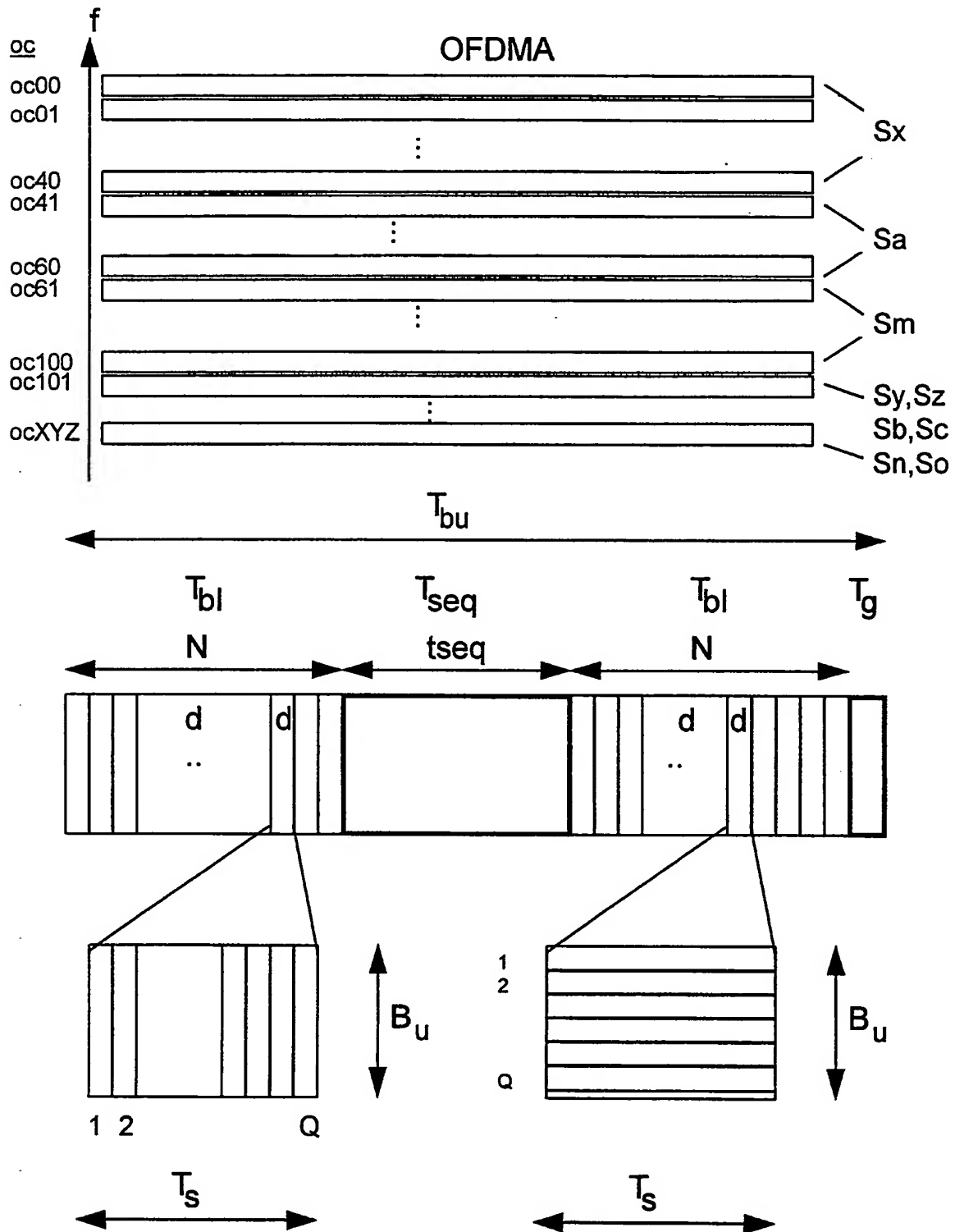




FIG 2



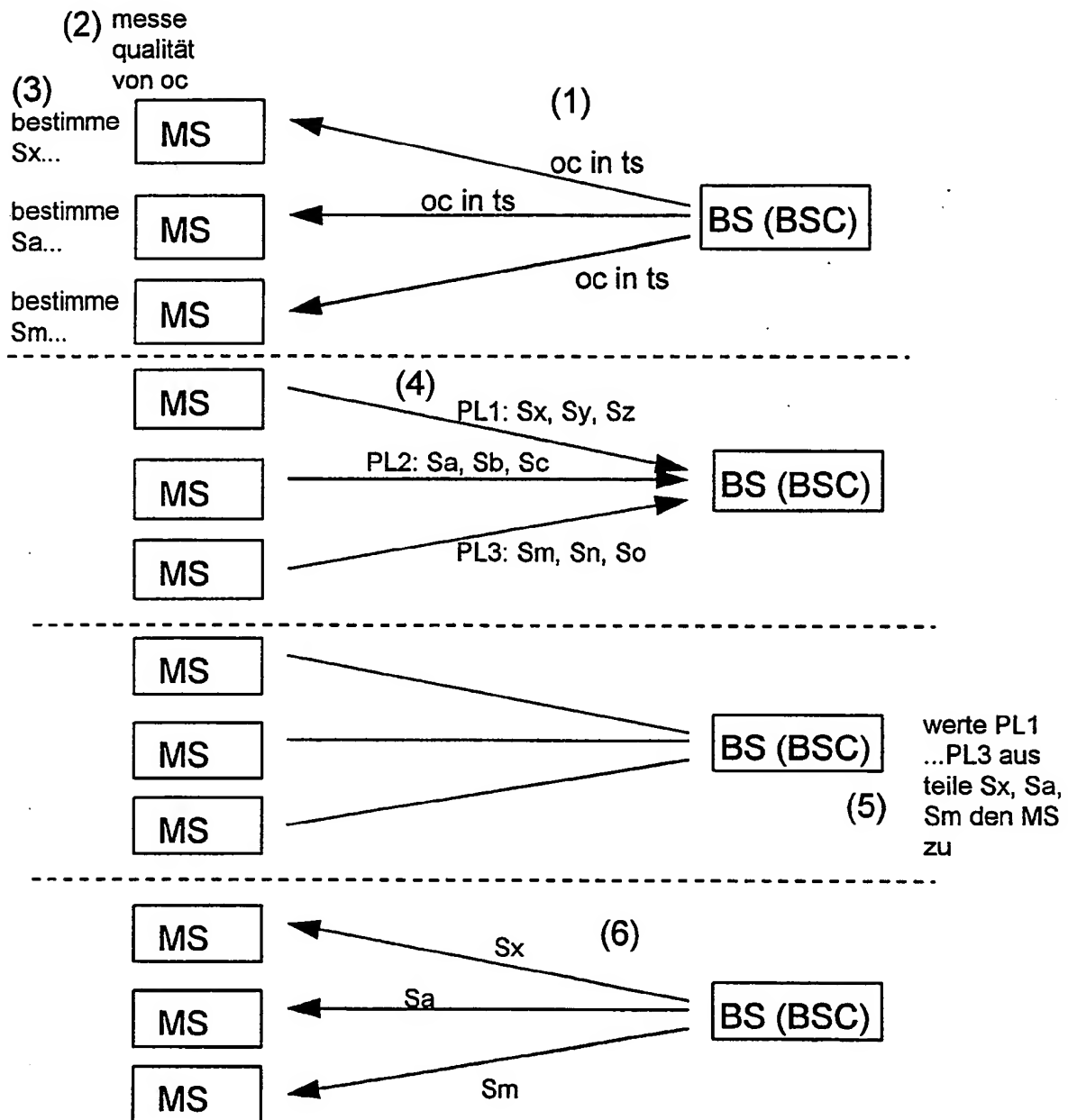


FIG 3

FIG 5

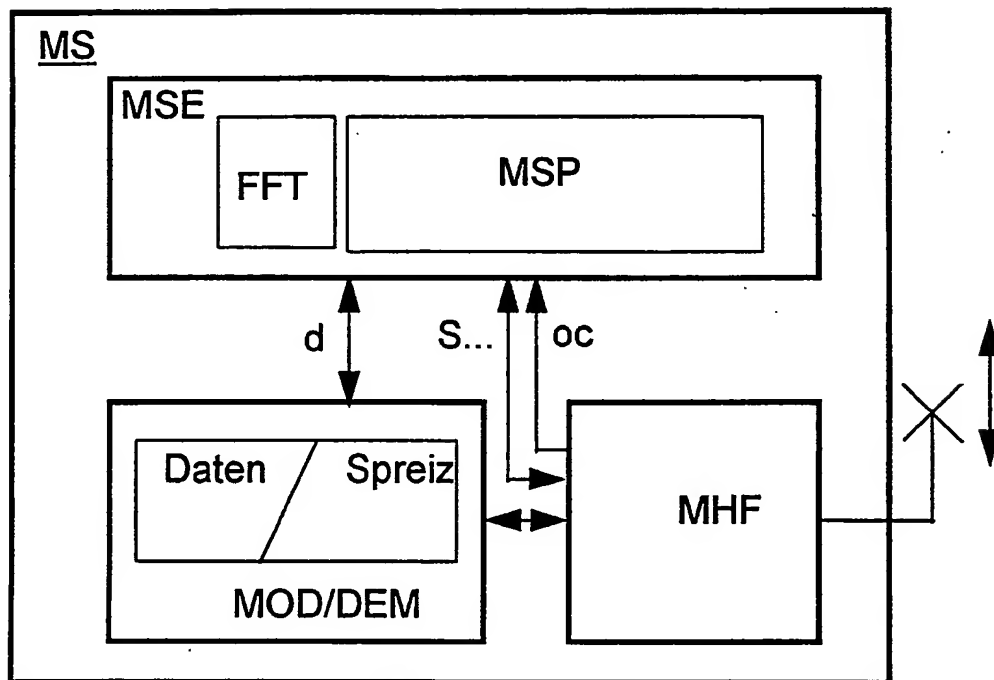


FIG 6

